

携帯型 GPS を利用した サッカー及びラグビーのレフェリー移動距離

山本 博男・近岡 守*・黒木 宏康**・薮野秀一郎***・石井 崇之****

The Distance Covered by Soccer and Rugby Referees during the Match Using a Mobile "GPS"

Hiroh YAMAMOTO, Mamoru CHIKAOKA*, Hiroyasu KUROGI**, Shuichiroh YABUNO***
and Takayuki ISHII****

はじめに

サッカー及びラグビーのレフェリーは、試合中行われるプレーに対してよりよい判定を下すため、出来る限りボールの近くにポジションを取り、かつ広い視野が確保できる体の向きを保持する必要がある。そのためウォーキング、ジョギング、ランニング、スプリント、バックウォーキング、バックランニング等により、ボールや選手の動きに素早く対応して動く。この動きに関する構成要素の一つに、移動距離がある。移動距離は体力的要素の他に、対戦チームの力関係、試合戦術、意思力に影響されるが¹⁰⁾、このようなレフェリーの移動距離や移動様式を知することは、レフェリーの動きの量と質を知り、審判技能の1つである身体能力の客観的な資料を得ることとなる。

これまでの移動距離の測定は、競技場の縮図を利用した「筆記法」が大橋・戸荊 (1981) によって、移動用式をウォーキング、ジョギング、ランニング、スプリントなど数種類に分類し、あらかじめ測定された歩幅をもとに、VTRを利用して算出する方法 (以下 VTR 法) が Reilly and Thomas (1976) や Bangsbo et al. (1991) によって報告されている。しかし、これらの先行研究における測定法には多くの人手と時間が必要であるだけでなく、リアルタイムでデータを得ることが不可能であり、測定法や精度に関しても大きな問題を抱えている。

一方、近年移動距離の測定の新しい試みとして GPS (Global Positioning System) が注目され

ている。GPS は米国国防総省 (Department of Defense) によって開発された24個の人工衛星を利用した測位システムであり、その測定方法には受信機一台による単独測位法と複数の受信機を利用する相対測位法があり、単独測位法の精度は誤差10m以内、相対測位法の精度は誤差数 mm~10cm 程度である。もともと軍事目的に開発された GPS であるが、1993年12月に民間利用が可能となり、2000年5月には、意図的に測定誤差を生じさせるために、一般利用者が利用できる L1 周波数帯の C/A コードに設けられていた SA (Selective Availability) が解除され精度の面で劇的な変化をもたらした^{3,4)6-9)}。その後も、機材自体の性能改善により精度はますます向上し、小型化も進んでいる。Schutz (1997) はウォーキングとランニングにおいて、携帯型 GPS (GPS45, Garmin 社製) による速度測定値が、実際の速度と高い相関があったと報告しており、Terrier et al. (2000) は、GPS 技術は人間の移動様式に関するバイオメカニクス研究において、有効なパラメーターを提供することが可能であると述べている。さらに Schutz and Herren (2000) は、GPS の相対測位 (DGPS) が移動スピードの測定に有効で、精度も高かったと報告している。従来 GPS は、登山、サイクリング、ヨットなどで補助的に使用されており、GPS を多様なスポーツ現場で活用しようとする試みもなされてきているが、サッカーやラグビーに関する研究報告は、あまりなされていない。さらに、サッカーやラグビ

平成14年9月30日受理 *石川県教育委員会学校指導課

** 宮崎県川南町役場総務課

*** 金沢大学大学院教育学研究科

一選手の体力トレーニングについては、科学的分析による効果的なトレーニング法が一般的に普及しているが、レフェリーについてはサッカーやラグビーの試合におけるレフェリーの動きに関する研究報告が少ないため、レフェリーのトレーニングは各自に任されているのが現状である。

従って、本研究の目的は、携帯型 GPS を用いてサッカー及びラグビーの試合中におけるレフェリー移動距離を測定し、従来なされてきた VTR 法及び筆記法と比較検討し、サッカー及びラグビーにおける携帯型 GPS の利用可能性を検討することである。また、試合中のレフェリーにおける各移動様式と、相対的運動強度の指標として心拍数を測定することによって、サッカー及びラグビーにおけるレフェリーの運動処方を作成するための基礎的資料を得ようと試みた。

方法

被検者は日本サッカー協会 2～4 級審判員 9 名 (age 33.9 ± 7.96 years, height 173.4 ± 3.58 cm, weight 72.3 ± 9.13 kg)、ラグビー九州 B 級審判員 10 名 (age 38.1 ± 2.5 years, height 172.0 ± 3.19 cm, weight 75.5 ± 7.65 kg) であった。測定試合は 1999 年石川県高等学校新人サッカー大会 9 試合、2001 年全国高等学校ラグビーフットボール選手権宮崎県大会 6 試合、2001 年宮崎県社会人ラグビーリーグ 4 試合 (全て 30 分ハーフ) であった。

1) 試合におけるレフェリーの移動距離

I) GPS 法

測定には MAZELLAN 社製の携帯型 GPS-315 を使い、試合前にレフェリーの腰部にウエストバックを使用して装着し、試合中のレフェリーの位置情報を 5 秒ごとに取り込んだ。前半と後半の移動距離を比較するために、ハーフタイムの間に携帯型 GPS-315 を交換した。試合後、パソコンソフト (MAZELLAN 社製・Data Track) を使用して移動軌跡を表示・保存する

とともに移動距離を算出した。

II) VTR 法

デジタルビデオカメラ (SONY 社製・DCR-PC100) でレフェリーの動きを撮影録画した。試合後、VTR 再生によりウォーキング、ジョギング、ランニング、スプリント、バックウォーキングおよびバックランニングの各移動様式の歩数を記録し、事前に測定したそれぞれのストライドから移動距離を算出した。移動様式の分類は以下のとおりであった¹⁾。

I) ウォーキング (Walking) : 前方への歩行 (サイドステップを含む)。

II) ジョギング (Jogging) : 前方へのゆっくりとしたスピードでのランニング。

III) ランニング (Running) : 前方へのねらいが明確なランニング。ジョギングとスプリントの中間のスピード。

IV) スプリント (Sprinting) : 前方への全力疾走。

V) バックウォーキング (Back Walking) : 後方への歩行。

VI) バックランニング (Back Running) : 後方へのねらいが明確なランニング。

III) 筆記法

競技場の縮図 (1/350) に、5 分ごとのレフェリーの移動軌跡を観察記録し、収集した資料をキルビメーター (KOIZUMI 社製) を使用して、記録した移動軌跡を計測、換算し実際の移動距離を算出した。

2) 試合におけるレフェリーの移動様式

「VTR 法」の記録から、各被検者の 1 試合に占める各移動様式 (ウォーキング、ジョギング、ランニング、スプリント、バックウォーキング、バックランニング) における移動距離の割合を算出した。

3) 試合におけるレフェリーの心拍数

心拍数はレフェリーの胸部に携帯型心拍数記録装置 (POLAR 社製・ACCUREX PLUS) を装着し、試合中 5 秒間隔で連続的に記録し、パソコンソフト (POLAR 社製・Training Advisor)

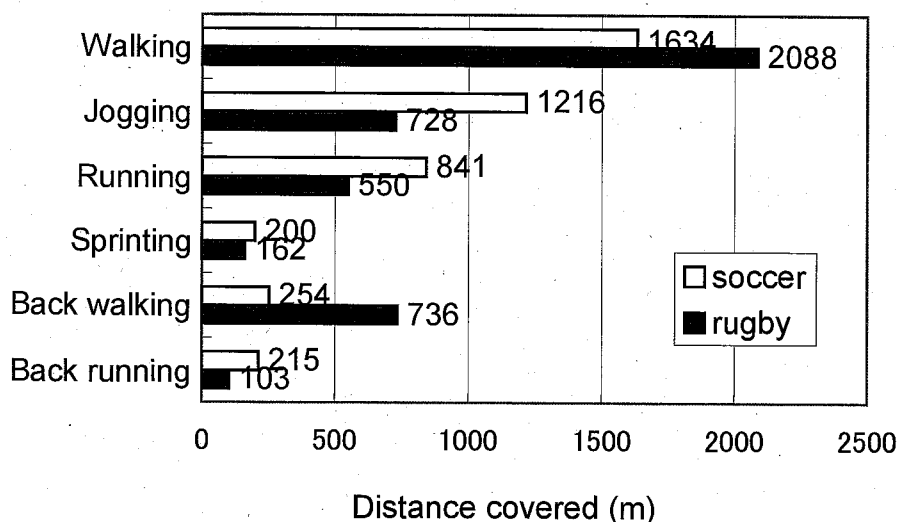


Figure 1. The distance covered by referees in each movement activity during soccer and rugby match.

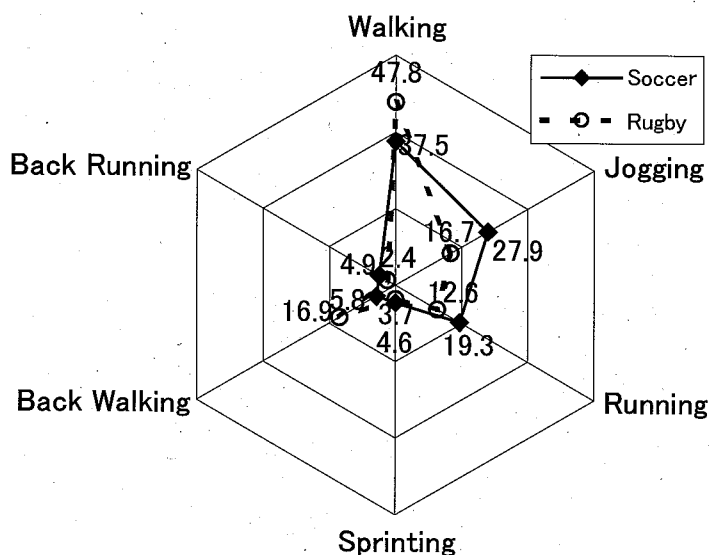


Figure 2. Percentage of total distance covered engaged in each movement activity during soccer and rugby match. (%)

を使用して算出した。

結果及び考察

サッカー及びラグビーレフェリーの試合中における移動様式（図1）および移動様式の割合

（図2）については、サッカー、ラグビーともに、ウォーキングやジョギング等の有酸素運動が大半を占めていた。また、ジョギング、ランニング、スプリント、バックランニングに関しては、サッカーのほうが多く、ウォーキング、

バックウォーキングに関してはラグビーのほうが多かった。これは、サッカーとラグビーの競技特性によると考えられ、ラグビーにおいては、スクラムやラインアウト等の比較的膠着したプレーが多く、逆にサッカーにおいては一つの場所にボールが止まっている時間が少ないためであろう。従って、サッカー及びラグビーレフェリーの体力トレーニングでは、1試合を通して走ることの出来る有酸素的な全身持久力が必要であることが示唆された。

Table 1 . The distance covered by soccer and rugby referees of each method (m).

	Method	1st half	2nd half	Full time
Soccer	VTR	2153±388	2209±431	4362±796)*
	Manual tracing	2884±404	2847±570	5731±944)*
	GPS	2393±620	2275±725	4639±1331
Rugby	VTR	1885±306	1835±234	3761±602
	Manual tracing	2019±362	1923±264	3942±603
	GPS	1848±229	1892±183	3739±368

Values reported as mean ±SD. (*: $p < 0.05$)

サッカー及びラグビーのレフェリーにおける試合中の移動距離(表1)については、サッカー、ラグビーとも、筆記法で算出された移動距離がもっとも長く、Catterall et al. (1993)の報告と同じであった。サッカーにおいては、VTR法(4362±796m)と筆記法(5731±944m)間、筆記法とGPS法(4639±1331m)間では有意差($P < 0.05$)が認められたが、VTR法とGPS法間には有意差は認められなかった。ラグビーにおいてはVTR法(3761±602m)、筆記法(3942±603m)及びGPS法(3739±368m)間に有意差は認められなかった。Catterall et al. (1993)は45分ハーフの試合におけるサッカーレフェリーの移動距離は9438±707mであったと報告しており、この値を本研究におけるサッカーレフェリーの測定値と比較するため5分あたりの値に換算すると524mであり、本研究でのGPS法387m、筆記法478m、VTR法364mをいずれも

大きく上回っている。また、高倉(1992)は、本研究と同じ30分ハーフの試合における九州B級レフェリーの移動距離は4315±633mであったと報告しており、本研究のGPS法、筆記法、VTR法の値をいずれも上回っている。これらのことは、試合中における選手やボールの移動スピード及び移動距離といった試合のレベルの違いや、審判の身体能力及び意欲や判断など精神的要素に差があったためと考えられる。

Table 2 . The heart rates of soccer and rugby referees during the match (beats·min⁻¹).

	Soccer			Rugby		
	1st half	2nd half	Full time	1st half	2nd half	Full time
Mean	147	149	148	152	155	154
S.D.	24.8	26.4	25.5	10.2	8.2	8.6

レフェリーの試合中の平均心拍数(表2)については、前後半とも僅かにラグビーのほうが高かったが、サッカー、ラグビーとも前後半で有意差は認められなかった。試合中の運動強度については、

$$\%HR_{\max} = (\text{運動時心拍数} / \text{最大心拍数}) \times 100$$

$$\text{最大心拍数} = 220 - \text{年齢}$$

の算出式で求め、サッカーが80% HR_{\max} 、ラグビーが85% HR_{\max} であった。Catterall et al. (1993)は試合におけるサッカーレフェリーの平均心拍数について、165 beats·min⁻¹で最大心拍数の約95%であったと報告し、高倉(1992)は試合におけるラグビーレフェリーの心拍数について、平均157 beats·min⁻¹で最大心拍数の約83%であったと報告している。これらの値は、本研究の測定値(サッカー約80%、ラグビー約85%)より高い、もしくは同程度であり測定試合の競技レベルやレフェリーの身体的能力及び精神的要素による差が影響していると考えられ

る。また、試合中の移動距離と心拍数の関係について、サッカーにおいては、 $r=0.731$ ($P<0.05$) の高い相関を示し、ラグビーにおいても $r=0.273$ の相関を示した。

結 論

試合中のサッカー及びラグビーのレフェリー移動距離について、サッカーレフェリーで VTR 法と筆記法間、筆記法と GPS 法間にのみ有意差が認められたが、サッカーレフェリーでの VTR 法と GPS 法間、及びラグビーレフェリーでの 3 測定法間のいずれにも有意差は認められず、今後、携帯型 GPS の精度が向上するにつれ、試合中におけるレフェリーの移動距離測定に関して、ますます有効な器具となることが示唆された。また、1 試合を通して走ることの出来る有酸素能力が審判に要求される重要な体力要素としてあげられる。

【参考文献】

- (1) Bangsbo J., Norregaard L. and Thorso F. (1991). Activity profile of competitive soccer. Canadian Journal of Sports Sciences, 16, 110-116.
- (2) Catterall C. et al. (1993). Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. British Journal of Sports Medicine, 27(3), 193-196.
- (3) 移動通信研究会 (1999). 移動通信システムガイド' 99-陸上通信の全て- クリエイト・クルーズ.
- (4) Ishii, T. et al. (2002). The distance covered of soccer and rugby referees during the match using a mobile "GPS". In proceedings of Oral Sessions X V international Symposium on Biomechanics in Sports, 322-325. Spain.
- (5) 増田拓哉 (2002). 一流女子サッカー選手と大学女子サッカー選手におけるインサイドキック動作のキネティクスの研究. 第17回日本バイオメカニクス学会大会論集. 印刷中.
- (6) Masuda, T. et al. (2001). The distance covered of soccer referee using a mobile GPS. In proceedings of Oral Sessions X IV international Symposium on Biomechanics in Sports, University of San Francisco: U.S.
- (7) 増田拓哉, 近岡守, 山本博男 (2001). 携帯型 GPS を利用したサッカーにおける主審の移動距離. 日本体育学会第52回大会号, 364.
- (8) 増田拓哉, 納谷健治, 山本博男 (2002). 携帯型 GPS を利用したサッカーにおけるミッドフィルダーの移動距離. サッカー医・科学研究, 22. 印刷中.
- (9) 松田繁樹 (2002). GPS を利用したサッカー選手の各ポジションにおける移動距離. 第17回日本バイオメカニクス学会大会論集. 印刷中.
- (10) 大橋二郎・戸荻晴彦 (1981). サッカーの試合中における移動距離の変動. 東京大学教養学部紀要15, 27-34.
- (11) Reilly T. and Thomas V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. Journal of Human Movement Studies, 2, 87-97.
- (12) Schutz Y., and Chambaz A. (1997). Could A satellite-based navigation system (GPS) be used to assess the physical activity of individuals on earth? European Journal of Clinical Nutrition, 51, 338-339.
- (13) Schutz Y. Herren R. (2000). Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. Medicine and Science in Sports and Exercise, 642-646.
- (14) Terrier P. et al. (2000). High-precision satellite positioning system as new tool to study the biomechanics of human locomotion. Journal of Biomechanics, 33(12), 1717-1722.
- (15) 高倉実 (1992). ラグビーレフェリーのゲーム中における呼吸循環系反応及び移動パターンの分析. 体育学研究, 349-357.
- (16) 山本巧 (1998). ラグビーにおけるレフェリーの動きに関する研究. スポーツ方法学研究, 55-63.